

**BUNDESPUBLIK DEUTSCHLAND**

Rec'd PCT/PTO 13 JUN 2005 #2

**PRIORITY  
DOCUMENT**SUBMITTED OR TRANSMITTED IN  
COMPLIANCE WITH RULE 17.1(a) OR (b)

REC'D 11 DEC 2003

WIPO PCT

**Prioritätsbescheinigung über die Einreichung  
einer Patentanmeldung**

**Aktenzeichen:** 102 58 095.2

**Anmeldetag:** 11. Dezember 2002

**Anmelder/Inhaber:** DaimlerChrysler AG,  
Stuttgart/DE

**Bezeichnung:** Vorrichtung und Verfahren zum Erfassen und  
Wiedergeben von Geräuschen und Kopfhörer

**IPC:** G 10 K, H 04 R

Die angehefteten Stücke sind eine richtige und genaue Wiedergabe der ursprünglichen Unterlagen dieser Patentanmeldung.

München, den 06. November 2003  
Deutsches Patent- und Markenamt  
Der Präsident  
Im Auftrag

Kefle

DaimlerChrysler AG

Frau Schneider IPM/E MW/fk  
26.11.2002

Vorrichtung und Verfahren zum Erfassen  
und Wiedergeben von Geräuschen und Kopfhörer

5 Die Erfindung betrifft eine Vorrichtung und ein Verfahren zum Erfassen und Wiedergeben von Geräuschen, insbesondere zur akustischen Komponentenanalyse bei Kraftfahrzeugen. Die Erfindung betrifft auch einen Kopfhörer, insbesondere zur Verwendung bei der erfindungsgemäßen Vorrichtung und dem erfindungsgemäßen Verfahren.  
10

Aus der deutschen Patentschrift DE 195 31 402 C2 ist eine Vorrichtung und ein Verfahren zum Erkennen von Defekten an einem Kraftfahrzeug bekannt. Zum Analysieren von Defekten  
15 werden Schwingungen im Fahrgastraum eines Kraftfahrzeugs erfasst und mit gespeicherten Schwingungsmustern verglichen, wobei zu verschiedenen Betriebszuständen des Kraftfahrzeugs verschiedene Schwingungsmuster abgespeichert sind. Durch Defekte von Komponenten ändert sich deren Eigenfrequenz und bei  
20 einem Vergleich der erfassten Schwingungsmuster mit den abgespeicherten Schwingungsmustern kann ein Defekt erkannt werden. Die Analyse der verglichenen Schwingungsmuster erfolgt anhand einer Frequenzanalyse mit Darstellung des Summenspektrums aus gespeichertem Schwingungsmuster und erfasstem  
25 Schwingungsmuster.

Aus der deutschen Offenlegungsschrift DE 198 44 784 A1 ist ein Verfahren zur Ermittlung eines von einem Betreiber subjektiv wahrgenommenen Störgeräusches bekannt, bei dem ein Geräusch eines Kraftfahrzeugs, das von einem Benutzer subjektiv  
30

als störend empfunden wird, aufgenommen wird. Die Erfassung des Geräuschs erfolgt bevorzugt binaural. Mittels einer Signalnachverarbeitung außerhalb des Fahrzeugs wird die Geräuschkulisse dem Benutzer über Kopfhörer vorgespielt und der

5 Benutzer wird gebeten, das Störgeräusch zu identifizieren. Das identifizierte Störgeräusch wird einer Frequenzanalyse unterworfen und derart manipuliert, dass bestimmte Frequenzen oder Gruppen von Frequenzen verstärkt oder abgeschwächt werden. Die Manipulation erfolgt mittels Filterung. Das manipu-

10 lierte Frequenzspektrum wird in ein Zeitsignal rücktransformiert und dem Benutzer erneut vorgespielt. Der Benutzer soll dann bewerten, ob das Störgeräusch noch vorhanden ist. Entsprechend der Bewertung des Benutzers wird eine entsprechende Maßnahme, speziell eine Reparatur des Fahrzeugs vorgenommen.

15

Mit der Erfindung sollen eine Vorrichtung und ein Verfahren zum Erfassen und Wiedergeben von Geräuschen, insbesondere zur akustischen Komponentenanalyse bei Kraftfahrzeugen, verbessert werden.

20

Erfindungsgemäß ist hierzu eine Vorrichtung zum Erfassen und Wiedergeben von Geräuschen, insbesondere zu akustischen Komponentenanalyse bei Kraftfahrzeugen vorgesehen, mit wenigstens zwei Mikrofonen zur Anordnung im Bereich der beiden Oh-

25 ren eines Benutzers für die binaurale Erfassung von Geräuschen und für die Umsetzung in elektrische Signale, mit zwei Geräuschschutzeinrichtungen - z. B. mit einer Geräuschdämpfung von 20 dB bei Frequenzen oberhalb von 250 Hz - zur Anordnung im Bereich der beiden Ohren für die Abschirmung der

30 beiden Ohren von den erfassten Geräuschen, mit Signalverarbeitungsmitteln zur Echtzeitverarbeitung oder Echtzeitweitergabe der erzeugten elektrischen Signale und mit zwei Schallwandlern zur Anordnung im Bereich der beiden Ohren für die binaurale Echtzeiterzeugung von Schallsignalen entsprechend

35 der weitergegebenen oder verarbeiteten Signale.

- Durch die erfindungsgemäße Vorrichtung können erfasste Geräusche in Echtzeit gefiltert, manipuliert und gehörrechtig reproduziert werden. Durch die Erfindung werden die Voraussetzungen für eine Echtzeitbeurteilung von Geräuschen geschaffen. Bisherige bekannte aufwendige Verfahren werden dadurch erheblich vereinfacht, so dass eine sinnvolle Anwendung im Entwicklungs- und Servicebereich überhaupt erst möglich wird. Ein wesentlicher Vorteil der Erfindung ist, dass die Signalverarbeitung in Echtzeit erfolgt und damit kein zeitaufwendiges Postprozessing von Daten vorgenommen werden muss. Vielmehr kann im Falle eines Kraftfahrzeugs ein Geräusch während einer Testfahrt in Echtzeit manipuliert und erneut wiedergegeben werden.
- 15 In Weiterbildung der Erfindung weisen die Signalverarbeitungsmittel Einrichtungen zum Verringern oder Erhöhen des durch die Schallwandler abgestrahlten Geräuschpegels gegenüber dem durch die beiden Mikrofone erfassten Geräuschpegel auf.
- 20 Auf diese Weise wird eine Echtzeitbeurteilung auch sehr starker oder sehr schwacher Geräusche oder Geräuschanteile möglich, die allein durch das menschliche Ohr nicht sinnvoll beurteilt werden könnten. Vorteilhafterweise kann die passive Abschirmung durch die Ohrmuschel durch ein niederfrequent wirkendes, z. B. 16 - 300 Hz, Geräuschminderungssystem mittels destruktiver Interferenz - bekannt von Headsets für Flugzeugpiloten - kombiniert werden. Damit werden niederfrequente Fahrwerksgeräusche sowie die niedrigen Motorordnungen stark gedämpft. Hochfrequente Anteile, die interferometrisch schwer zu dämpfen sind, werden durch die passive Abschirmung der Ohrmuschel ausreichend gedämpft.
- 35 In Weiterbildung der Erfindung weisen die Signalverarbeitungsmittel Filtereinrichtungen zum Ausblenden von Frequenzbereichen des erfassten Geräuschs auf, wobei über die Zeit

gesehen feste oder variable Frequenzbereiche ausblendbar sind.

5 Auf diese Weise wird eine Komponentenanalyse durch Ausblenden von z.B. Motorordnungen oder Resonanzfrequenzen kritischer Bauteile während einer Testfahrt ermöglicht.

10 In Weiterbildung der Erfindung weisen die Signalverarbeitungsmittel Steuereinrichtungen zum Steuern der Filtereinrichtungen in Abhängigkeit von Betriebsparametern eines weiteren Systems, insbesondere eines untersuchten Objekts oder Kraftfahrzeugs auf.

15 Beispielsweise kann eine Steuerung oder Triggerung der Filtereinrichtung in Abhängigkeit eines Drehzahlsignals, einer Fahrgeschwindigkeit oder eines Einschaltsignals eines Lüfters oder eines Turboladers erfolgen. Die Steuerung der Filtereinrichtungen kann auch in Abhängigkeit eines weiteren Sensors, beispielsweise eines Körperschallsensors, erfolgen.

20 In Weiterbildung der Erfindung weisen die Steuereinrichtungen Mittel zum Darstellen neuronaler Netze und/oder Fuzzylogik auf.

25 Durch diese Maßnahmen wird die Darstellung künstlicher Intelligenz möglich.

In Weiterbildung der Erfindung sind Datenbankeinrichtungen, insbesondere zum Abspeichern von Geräuschmustern, vorgesehen.

30 Auf diese Weise können beispielsweise Geräuschmuster zum Vergleich und zum Dokumentieren von Entwicklungszwischenständen abgespeichert werden.

35 In Weiterbildung der Erfindung sind Synthetisiereinrichtungen zum Erzeugen von Geräuschmustern aus den erfassten Geräuschen vorgesehen.

Durch diese Maßnahmen wird die Darstellung eines gewünschten Höreindrucks möglich und die Beurteilung des Einflusses von Veränderungen an Komponenten auf das abgegebene Geräusch.

5

In Weiterbildung der Erfindung weisen die Signalverarbeitungsmittel Mischeinrichtungen zum Zumischen von erzeugten Geräuschmustern und/oder abgespeicherten Geräuschmustern zu den weiterverarbeiteten oder weitergegebenen Signalen auf.

10

Auf diese Weise kann ein Geräuscheindruck simuliert werden, beispielsweise ein Geräuscheindruck der sich bei einer Ausrüstung mit Sonderausstattungen eines Kraftfahrzeugs ergibt.

15

In Weiterbildung der Erfindung werden die Mischeinrichtungen in Abhängigkeit von Betriebsparametern eines weiteren Systems, insbesondere eines untersuchten Objekts oder Kraftfahrzeugs, gesteuert. Zur Steuerung können neuronale Netze und Fuzzylogik verwendet werden.

20

In Weiterbildung der Erfindung ist wenigstens eine Kommunikationsschnittstelle vorgesehen.

25

Auf diese Weise können Daten an weitere Systeme weitergegeben oder von diesen empfangen werden. Beispielsweise ist auch die Steuerung oder Regelung weiterer Subsysteme möglich. Beispielsweise können Fahrprogramme erstellt werden, die eine Einstellung von Getriebe, Motoren und ggf. Lüfter für eine geringstmögliche Geräuschbelästigung vornehmen.

30

Das der Erfindung zugrunde liegende Problem wird auch durch ein Verfahren zum Erfassen und Wiedergeben von Geräuschen, insbesondere zur akustischen Komponentenanalyse bei Kraftfahrzeugen gelöst, bei dem folgende Schritte vorgesehen sind:

35

Binaurales Erfassen von Geräuschen im Bereich der beiden Ohren eines Benutzers und Umsetzen in elektrische Signale unter Abschirmung der beiden Ohren von den Geräuschen, Verarbeiten

oder Weitergeben der erzeugten elektrischen Signale in Echtzeit und binaurales Erzeugen von Schallsignalen im Bereich der beiden Ohren in Echtzeit entsprechend der weitergegebenen oder verarbeiteten Signale.

5

Bei der Echtzeitsignalverarbeitung kann eine Filterung zum Ausblenden zeitlich konstanter und/oder veränderlicher Frequenzbereiche vorgesehen sein.

10 Die Filterung kann in Abhängigkeit von Betriebsparametern eines weiteren Systems, insbesondere eines untersuchten Objekts oder Kraftfahrzeugs und ggf. unter Einsatz von neuronalen Netzen und Fuzzylogik erfolgen.

15 Eine Synthetisierung von Geräuschmustern aus den erfassten Geräuschen kann vorgesehen sein sowie das Mischen von erfassten, synthetisierten und/oder abgespeicherten Geräuschmustern. Das Mischen kann in Abhängigkeit von Betriebsparametern eines weiteren Systems, insbesondere eines untersuchten Objekts oder Kraftfahrzeugs, erfolgen, wobei das Mischen unter  
20 Einsatz von neuronalen Netzen und/oder Fuzzylogik erfolgen kann.

25 Weiterhin kann ein Datenaustausch und/oder eine Kommunikation mit weiteren Systemen erfolgen.

Das der Erfindung zugrunde liegende Problem wird auch durch einen Kopfhörer, insbesondere zur Verwendung bei der erfindungsgemäßen Vorrichtung und dem erfindungsgemäßen Verfahren  
30 gelöst, mit zwei Abschirmmuscheln für menschliche Ohren und jeweils wenigstens einem Schallwandler in jeder Abschirmmuschel, wobei an einer dem Ohr abgewandten Außenseite jeder Abschirmmuschel wenigstens ein Mikrofon angeordnet ist.

35 Mittels eines solchen Kopfhörers wird zum einen die gehör-richtige Erfassung von Geräuschen und die gehör-richtige, ggf. manipulierte Wiedergabe von Geräuschen ermöglicht. Dadurch

kann beispielsweise während einer Testfahrt im Kraftfahrzeug der Geräuscheindruck in Echtzeit manipuliert werden. Wesentlich ist, dass mit der Erfindung in Echtzeit und somit im wesentlichen gleichzeitig Geräusche gehörrichtig, vorzugsweise  
5 binaural, erfasst und wiedergegeben werden können.

In Weiterbildung der Erfindung ist an der dem Ohr abgewandten Außenseite jeder Abschirmmuschel eine Nachbildung eines menschlichen Ohres angeordnet, in deren Bereich sich das Mikro-  
10 phon befindet.

Durch diese Maßnahmen wird eine gehörrichtige Erfassung nach Art eines Kunstkopfes ermöglicht.

15 Weitere Merkmale und Vorteile der Erfindung ergeben sich aus den Ansprüchen und der folgenden Beschreibung einer bevorzugten Ausführungsform der Erfindung im Zusammenhang mit den Zeichnungen. In den Zeichnungen zeigen:

20 Fig. 1 eine schematische Blockdarstellung der erfindungsgemäßen Vorrichtung,

Fig. 2 eine weitere schematische Darstellung der erfindungsgemäßen Vorrichtung mit einem erfindungsgemäßen Kopfhörer und  
25

Fig. 3 ein schematisches Ablaufdiagramm des erfindungsgemäßen Verfahrens.

30 Die Darstellung der Fig. 1 zeigt die erfindungsgemäße Vorrichtung, die zwei Mikrofone 10, 12 aufweist, die für die Anordnung im Bereich der beiden Ohren eines Benutzers vorgesehen sind. Die Mikrofone 10, 12 erfassen Geräusche an den beiden Ohren des Benutzers und geben diese an einen Echtzeitprozessor 14 weiter. Im Echtzeitprozessor 14 werden die von den Mikrofonen 10, 12 gelieferten Signale verarbeitet oder lediglich durchgeschleift. Beispielsweise kann lediglich der Ge-  
35



räuschpegel verringert oder erhöht werden. Die verarbeiteten oder durchgeschleiften Signale werden dann an zwei Schallwandler 16, 18 ausgegeben, die die erhaltenen elektrischen Signale in Schallsignale umsetzen. Die Schallwandler 16, 18 sind jeweils innerhalb einer Hörmuschel eines Kopfhörers angeordnet. Mittels der Mikrofone 10, 12, die außen an den Hörmuscheln angeordnet sind, und den Schallwandlern 16, 18 innerhalb der Hörmuschel kann somit eine binaurale Geräuscherfassung und Geräuschwiedergabe erfolgen. Die Geräuscherfassung und die Geräuschwiedergabe erfolgt im wesentlichen gleichzeitig, ggf. mit einer zwischengeschalteten Echtzeitverarbeitung der Signale im Echtzeitprozessor 14.

Durch die erfindungsgemäße Vorrichtung kann einem Probanden beim Aufenthalt in einer Umgebung mit Geräuscheinwirkung eine im allgemeinen authentische Hörsituation gewährleistet werden. Mittels des Echtzeitprozessors 14 können bei Bedarf spezielle Bestandteile des Gesamtgeräusches für den Probanden in Echtzeit herausgefiltert werden. Dadurch wird eine in Echtzeit stattfindende Quellenidentifikation von Geräuschen für den Probanden erheblich erleichtert. Dies ist insbesondere bei Entwicklungs- und Instandhaltungsarbeiten von Kraftfahrzeugen von erheblichem Interesse. So können beispielsweise Geräuschursachen an Kraftfahrzeugen, allgemein auch technischen Geräten, mittels der erfindungsgemäßen Vorrichtung aufgespürt werden.

Bei hochdynamischen Maschinen, wie beispielsweise einem Kraftfahrzeug-Verbrennungsmotor, treten im Betrieb häufig tonale Geräuschanteile auf, die trotz ihres relativ niedrigen Pegels den Charakter des Gesamtgeräusches dominieren. Häufig sind solche tonalen Geräuschanteile der Grund für Kundenbeanstandungen. Die technischen Ursachen dieser tonalen Geräuschanteile liegen oft in der Periodizität dieser mechanischer oder hydraulischer Ereignisse, die in einem festen Zahlenverhältnis zur Motordrehzahl stehen. Die Motordrehzahl selbst wird als Grundordnung oder erste Ordnung bezeichnet. Ein Ver-

zahnungsgeräusch eines Kettenantriebs mit beispielsweise 18 Zähnen am Zahnrad erzeugt dann typischer Weise die sogenannte 18te Motorordnung.

- 5 Wird ein Fahrzeug wegen hoher tonaler Geräuschanteile, sogenannter Heulgeräusche, beanstandet, so kann durch eine subjektive Beurteilung allein durch das menschliche Gehör häufig nicht genau genug die frequenzmäßige Lage des tonalen Geräuschanteils erkannt werden. Eine nach der Aufnahme durchgeführte Frequenzanalyse kann neben statischen Töne auch dynamische Töne, beispielsweise Motorordnungen, anhand der synchronen Erfassung der Motordrehzahl exakt analysieren und der technischen Ursache zuordnen. Ein tonaler Geräuschanteil oder ein sogenanntes Heulgeräusch kann beispielsweise von hydraulischen Komponenten der Ölpumpe, von Kettenverzahnungen oder dem Generator abgestrahlt werden. Nach Durchführung der Frequenzanalyse kann ein Heulgeräusch einer bestimmten Motorordnung und möglicherweise einer geräuschverursachenden Baugruppe zugeordnet werden.
- 20 Durch die erfindungsgemäße Vorrichtung kann eine solche Analyse von Geräuschen in Echtzeit erfolgen, so dass beispielsweise während einer Probefahrt Motorordnungen wahlweise herausgefiltert werden können, um unter realistischen Bedingungen, speziell gehörrichtiger Erfassung und Wiedergabe von Geräuschen, die Ursache von störenden Geräuschen herauszufinden. Mittels des Echtzeitprozessors 14 wird eine Signalverarbeitung der von den Mikrofonen 10, 12 gelieferten elektrischen Signale durchgeführt. Hierzu erfolgt mittels des Echtzeitprozessors 14 beispielsweise eine digitale Frequenzanalyse und eine Filterung des erhaltenen Frequenzspektrums zum Ausblenden von Frequenzbereichen des erfassten Geräuschs. Hierbei können Frequenzbereiche ausgeblendet werden, die zeitlich gesehen konstant oder variabel sind. Beispielsweise können, wie bereits ausgeführt wurde, Motorordnungen ausgeblendet werden oder auch über die Zeit gesehen konstante Frequenzbereiche, wie Resonanzfrequenzen kritischer Bauteile.
- 35

Mittels des Echtzeitprozessors 14 wird auch das manipulierte Frequenzspektrum wieder in ein zeitliches Signal umgesetzt und an die Schallwandler 16, 18 ausgegeben.

5

Um beispielsweise Motorordnungen ausblenden zu können, erhält der Echtzeitprozessor 14 Eingangsdaten von einem weiteren System oder Subsystem 20, beispielsweise einem Verbrennungsmotor eines Kraftfahrzeugs. Allgemein werden von dem Subsystem 20 Betriebsdaten zur Verfügung gestellt, die beispielsweise eine Motordrehzahl, eine Fahrgeschwindigkeit, Schaltzustände von Lüftern, den Ladedruck eines Turboladers oder dergleichen umfassen können.

10

15 Der Echtzeitprozessor 14 erhält weiterhin Eingangssignale von einem Referenzsensor 22. Ein solcher Referenzsensor kann beispielsweise ein Körperschallsensor sein, der an einem verdächtigen Bauteil angebracht ist. Mittels des Echtzeitprozessors 14 kann dadurch der vom Körperschall des verdächtigen Bauteils erzeugte Geräuschanteil wahlweise herausgefiltert werden, um den subjektiv wahrnehmbaren Beitrag der verdächtigsten Komponente zum Gesamtgeräusch in Echtzeit beurteilen zu können. Der Referenzsensor 22 kann aber beispielsweise auch als Mikrophon ausgebildet sein, das außerhalb des Fahrzeuginnenraums angeordnet ist. Auf diese Weise kann beispielsweise der hörbare Einfluss von Windgeräuschen, Reifenabrollgeräuschen und Auspuffmündungsgeräuschen untersucht werden.

20

25

30 Weiterhin kann der Echtzeitprozessor 14 Daten mit einer Datenbank 24 austauschen und Daten von dieser Datenbank 24 erhalten. Die Datenbank 24 ist für das Abspeichern von Geräuschmustern vorgesehen, die mittels der Mikrofone 10, 12 erfasst wurden. Die erfassten Geräuschmuster können gegebenenfalls gefiltert werden. Weiterhin werden in der Datenbank 24 synthetisierte Geräuschmuster abgespeichert, die auf Basis der mittels der Mikrofone 10, 12 erfassten Geräusche erzeugt

35

wurden. Weiterhin kann die Datenbank 24 zur Speicherung von Geräuschmustern verwendet werden, die beispielsweise vollständig auf Simulation beruhen oder die an anderen Systemen als dem Subsystem 20 erfasst wurden.

5

Die in der Datenbank 24 abgelegten Geräuschmuster können mittels des Echtzeitprozessors 14 in Echtzeit den Geräuschen, die mittels der Mikrofone 10, 12 erfasst werden, überlagert werden. Durch eine solche Zumischung von Geräuschmustern können Höreindrücke simuliert werden. Beispielsweise kann ein Höreindruck simuliert werden, der sich ergibt, wenn ein Kraftfahrzeug mit einer speziellen Sonderausstattung oder einer anderen Variante eines verbauten Bauteils versehen ist. Das Zumischen abgespeicherter Geräuschmuster kann beispielsweise unter Steuerung von Betriebsdaten des Subsystems 20 oder von Signalen des Referenzsensors 22 erfolgen. Weiterhin kann die Zumischung von Geräuschmustern aus der Datenbank 24, wie auch die Filterung der erfassten Geräusche innerhalb des Echtzeitprozessors 14, mittels künstlicher Intelligenz, dargestellt durch neuronale Netze oder Fuzzylogik, gesteuert werden.

Schließlich ist die erfindungsgemäße Vorrichtung mit einer Kommunikationseinheit 26 versehen, über die ein Daten- und Signalaustausch mit weiteren Systemen erfolgen kann. Weitere Systeme können durch Signale von dem Echtzeitprozessor 14 gesteuert oder auch geregelt werden. Beispielsweise kann der Echtzeitprozessor 14 über die Kommunikationseinheit 26 Signale an eine Motorsteuerung abgeben, um einen Verbrennungsmotor möglichst geräuscharm zu betreiben.

In der Darstellung der Fig. 2 ist die Vorrichtung der Fig. 1 detaillierter dargestellt und speziell ist die Anordnung der Mikrofone 10, 12 und der Schallwandler 16, 18 an einem erfindungsgemäßen Kopfhörer 28 zu erkennen. Der Kopfhörer 28 weist in an und für sich konventioneller Weise zwei Abschirmmuscheln 30, 32 auf, die mittels eines Bügels 34 verbunden sind

und jeweils ein Ohr eines Benutzers 54 gegen Umgebungsgeräusche abschirmen. Innerhalb der Abschirmmuschel 30 ist der Schallwandler oder Lautsprecher 16 angeordnet und innerhalb der Abschirmmuschel 32 ist der Schallwandler oder Lautsprecher 18 angeordnet.

Auf der Außenseite der Abschirmmuscheln 30, 32, die dem jeweiligen, abgeschirmten Ohr des Benutzers 54 abgewandt ist, ist jeweils eine künstliche Ohrmuschel 36, 38 oder eine geeignete Anordnung von Schallwandlern, durch deren Zusammenwirken die räumliche Richtcharakteristik einer Ohrmuschel erreicht werden kann, angeordnet. Innerhalb der künstlichen Ohrmuschel 36, die an der Abschirmmuschel 30 angeordnet ist, ist das Mikrofon 10 platziert und innerhalb der künstlichen Ohrmuschel 38, die auf der Abschirmmuschel 32 angeordnet ist, ist das Mikrofon 12 angeordnet. Mittels der künstlichen Ohrmuscheln 36, 38 und der Mikrofone 10, 12 ist eine gehörrichtige, binaurale Erfassung eines Umgebungsgeräuschs möglich, das mittels der Doppelpfeile 40 angedeutet ist. In der schematischen Darstellung der Fig. 2 sind die künstlichen Ohrmuscheln 36, 38 nicht maßstäblich dargestellt. Es ist einzusehen, dass im Sinne eines möglichst realitätsnahen Höreindrucks die künstlichen Ohrmuscheln 36 möglichst nahe am Kopf oder an den Ohren des Benutzers 34 anzuordnen sind.

Die von den Mikrofonen 10, 12 erfassten Geräusche werden von diesen in elektrische Signale umgesetzt und an den Echtzeitprozessor 14 übergeben. Der Echtzeitprozessor 14, der auch als Sound-Prozessor bezeichnet werden kann, führt eine Analyse der dem erfassten Geräusch entsprechenden elektrischen Signale durch. Er enthält mindestens einen Ordnungsfiler, mindestens einen statischen Filter und kann darüber hinaus eine Dokumentation der erfassten Geräusche und durchgeführten Manipulationen bewirken. Beispielsweise können entsprechende Daten in der Datenbank 24 abgelegt oder an eine Anzeigevorrichtung übergeben werden.

Wie bereits ausgeführt wurde, erhält der Echtzeitprozessor 14 Betriebsdaten von einem weiteren System, im dargestellten Fall ein Kraftfahrzeug 22. Vom Kraftfahrzeug 22 kann beispielsweise ein Drehzahlsignal als Triggersignal übergeben werden. Der Echtzeitprozessor 14 ist weiterhin mit einem konventionellen zweiten Kopfhörerausgang 42 versehen, der das Mithören des erfassten oder des manipulierten Geräusches ermöglicht.

10 Die vom Echtzeitprozessor 14 gefilterten und ggf. weiter manipulierte Signale werden an die Schallwandler 16, 18 abgegeben, die Schallsignale erzeugen und diese innerhalb der Abschirmmuscheln 30, 32 in Richtung auf die Ohren des Benutzers 34 abstrahlen. Der Benutzer 54 erhält dadurch eine gehörliche Wiedergabe des gefilterten und ggf. weiter manipu-

15 lierten Geräusches. Um dabei eine möglichst gute Abschirmung durch die Abschirmmuscheln 30, 32 zu erreichen, liegen diese mittels jeweils einer flexiblen Abdichtung 44 am Kopf des Benutzers 54 an.

20

Der erfindungsgemäße Kopfhörer 28 kombiniert somit ein binaurales Kopfbügelmikrofon, wie es in ähnlicher Form aus der akustischen Kunstkopfmessstechnik bekannt ist, mit einem geschlossenen Kopfhörer mit starker Abschirmung. Die Schallerfassung erfolgt durch ein Mikrofon mit künstlicher Ohrmuschel, ähnlich einem Kunstkopf. Die Mikrofone 10, 12 mit den künstlichen Ohrmuscheln 36, 38 sind direkt an den Außenseiten der Abschirmmuscheln 30, 32 und möglichst nahe an den Ohren des Benutzers 34 angeordnet, um die authentische Hörwahrnehmung zu gewährleisten. Im Basiszustand der erfindungsgemäßen Vorrichtung, in dem der Echtzeitprozessor 14 die erfassten Geräusche ohne manipulierende Filterung, jedoch mit einer Gehörlichkeitskorrektur, an die Schallwandler 16, 18 weitergibt, hat der Benutzer 54 im wesentlichen den gleichen

30 Höreindruck, als ob er den Kopfhörer 28 nicht tragen würde. Werden die erfassten Signale vom Echtzeitprozessor 14 manipuliert, gewährleistet der sich bei dem Benutzer 54 einstellen-

35

de Höreindruck die authentische Wahrnehmung des Restgeräusches ohne die gezielt ausgeblendeten Bestandteile.

5 Im folgenden werden Anwendungsbeispiele für die erfindungsgemäße Vorrichtung und das erfindungsgemäße Verfahren gegeben.

10 Beim Fahren eines Kraftfahrzeugs mit turboaufgeladenem Verbrennungsmotor stechen aus dem Gesamtgeräusch zwei Bestandteile signifikant heraus. Zum einen ist infolge der Verzahnung des Kettenantriebs der Nockenwelle die achtzehnte Motorordnung zu hören. Zum anderen fällt nach schneller Lastwegnahme das Nachlaufen des Turboladers, dessen Drehzahl kein festes Verhältnis zur Motordrehzahl hat, auf. Mittels der erfindungsgemäßen Vorrichtung kann unter Berücksichtigung der  
15 Motordrehzahl ein Bandsperrfilter auf die achtzehnte Motorordnung gelegt werden. Dadurch kann die achtzehnte Motorordnung ausgeblendet werden, ohne die übrige Geräuschwahrnehmung über den geschlossenen Kopfhörer 28 zu beeinträchtigen. Dadurch ist das Heulgeräusch des Kettenantriebs bei keiner Mo-  
20 tordrehzahl zu hören und der Vergleich mit dem ungefilterten Signal identifiziert das geräuschverursachende Bauteil, nämlich den Kettenantrieb.

25 Da die Drehzahl des Turboladers kein festes Verhältnis zur Motordrehzahl hat, kann sein Heulgeräusch nicht durch ein einfaches Motorordnungsfilter ausgeblendet werden. Zur gezielten Steuerung des notwendigen Bandsperrfilters muss die Drehzahl des Turboladers beispielsweise über einen Körperschallsensor, entsprechend einem Referenzsensor 22, erfasst  
30 werden. Dadurch können die erforderlichen Filterparameter im Echtzeitprozessor 14 bestimmt werden und das Heulgeräusch des Turboladers kann ausgeblendet werden.

35 Durch die Echtzeitverarbeitung der Signale im Echtzeitprozessor 14 kann am realen Objekt ein Vergleich des ungefilterten und des gefilterten Geräuschs erfolgen, ohne dass ein Zeitverzug oder eine Reproduktion von Aufzeichnungsgeräten erforder-

derlich wäre. Dadurch werden Beurteilungen erleichtert und Entwicklungszyklen können verkürzt werden.

Als weiteres Beispiel sei die Verwendung separater Mikrofone  
5 oder anderer Sensoren erwähnt. Solche separaten Mikrofone oder weitere Sensoren können im Nahfeld einer verdächtigen Geräuschquelle angeordnet werden, so dass Geräuschmuster dieser Quelle erfasst werden. Indem diese erfassten Geräuschmuster an den Echtzeitprozessor 14 übergeben werden, kann dieser das  
10 für die Quelle typische Geräuschmuster aus dem Übertragungsweg zwischen den Mikrofonen 10, 12 und den Schallwandlern 16, 18 herausfiltern.

Neben der Herausfilterung von Geräuschmustern erlaubt die  
15 mögliche Zumischung anderer Geräuschmuster aus der Datenbank 24 die Simulierung des Austauschs geräuschlich wahrnehmbarer Aggregate in Echtzeit, beispielsweise während einer Probefahrt.

20 Die Darstellung der Fig. 3 zeigt schematisch eine Ausführungsform des erfindungsgemäßen Verfahrens. Im Schritt 46 erfolgt das binaurale Erfassen von Geräuschen mittels der Mikrofone 10, 12, die in den künstlichen Ohrmuscheln 36, 38 und somit dann, wenn der Benutzer 54 den Kopfhörer 28 trägt, im  
25 Bereich seiner beiden Ohren angeordnet sind. Die Mikrofone 10, 12 setzen die erfassten Geräusche im Schritt 46 in elektrische Signale um und geben diese an den Echtzeitprozessor 14 weiter.

30 Der Echtzeitprozessor 14 bewirkt im Schritt 48 eine Echtzeitverarbeitung der von den Mikrofonen 10, 12 erzeugten elektrischen Signale. Beispielsweise kann lediglich ein Geräuschpegel erhöht oder erniedrigt werden oder die Signale können gar unverändert wieder an die Schallwandler 16, 18 ausgegeben  
35 werden. Üblicherweise erfolgt aber eine Fouriertransformation der von den Mikrofonen 10, 12 erhaltenen zeitlichen Signale, eine Filterung oder sonstige Manipulation im Frequenzbereich.



In Schritt 48 kann auch eine Synthetisierung und Abspeicherung von Geräuschmustern aus den mittels der Mikrofone 10, 12 erfassten Geräuschmustern erfolgen.

5

In optionalem Schritt 50 kann ein Mischen der von den Mikrofonen 10, 12 erfassten und im Schritt 48 gegebenenfalls manipulierten Geräuschmuster mit abgespeicherten Geräuschmustern im Zeit- oder Frequenzbereich erfolgen.

10

Im nachfolgenden Schritt 52 werden die gegebenenfalls gefilterten und manipulierten elektrischen Signale nach Rücktransformation in den Zeitbereich an die Schallwandler 16, 18 ausgegeben, die daraufhin eine binaurale und gehörrichtige Erzeugung von Schallsignalen bewirken.

15

Wesentlich ist, dass mit der Erfindung der subjektive Einfluss von Veränderungen der Geräuschmuster beurteilt werden kann, da eine binaurale Erfassung und Wiedergabe von Schallsignalen unter Berücksichtigung der Empfindlichkeitskurven des menschlichen Gehörs erfolgen. Da Erfassung, Manipulation und Wiedergabe der Geräuschmuster im wesentlichen gleichzeitig, in Echtzeit, erfolgen, lassen sich Geräusche unter realen Testbedingungen, beispielsweise während einer Testfahrt, untersuchen. Dies ist für die subjektive Beurteilung von Geräuschen, deren Authentizität in nicht unerheblichem Maß von der Summe aller Umgebungsbedingungen, wie Sitzvibration, Beschleunigungseinwirkungen und Korrelation mit der Fahrzeugbedienung, z. B. Kuppeln, Gasgeben, abhängt, von wesentlicher Bedeutung. Dadurch lässt sich in Kraftfahrzeugen, insbesondere in mit Störgeräuschen behafteten Prototypen, das Geräusch eines virtuellen Antriebsstrangs simulieren.

20

25

30

Hierdurch ergibt sich die Möglichkeit, die in jedem Fahrzeug vorhandene Hörsituation von störenden Klangkomponenten zu bereinigen und in direkter Korrelation zu Bedienungen des Fahrers mit zusätzlichen, z. B. synthetischen und/oder gesamp-

35

ten, Klangkomponenten anzureichern. Somit ergibt sich die Möglichkeit, einen virtuellen Motor testzufahren. Insbesondere ein typischer Sportwagen-Sound, der durch gewisse zuge-  
mischte Klangkomponenten mit entsprechender Drehzahlabhängig-  
5 keit und Lastabhängigkeit, erzeugbar ist, lässt sich direkt erleben und in der authentischen Umgebung eines Fahrzeuges angemessen dosieren. Somit ist das Zielgeräusch konkretisierbar, lange bevor der zukünftige Motor auch nur auf dem Prüfstand läuft.

DaimlerChrysler AG

Frau Schneider IPM/E MW/fk  
22.11.2002Patentansprüche

- 5 1. Vorrichtung zum Erfassen und Wiedergeben von Geräuschen,  
insbesondere zur akustischen Komponentenanalyse bei  
Kraftfahrzeugen,  
d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t , d a s s  
10 wenigstens zwei Mikrofone (10, 12) zur Anordnung im Be-  
reich der beiden Ohren eines Benutzers (54) für die bi-  
naurale Erfassung von Geräuschen und für die Umsetzung in  
elektrische Signale, zwei Geräuschschutzeinrichtungen  
(30, 32) zur Anordnung im Bereich der beiden Ohren für  
15 die Abschirmung der beiden Ohren von den erfassten Geräu-  
schen, Signalverarbeitungsmittel (14) zur Echtzeitverar-  
beitung oder Echtzeitweitergabe der erzeugten elektri-  
schen Signale und zwei Schallwandler (16, 18) zur Anord-  
nung im Bereich der beiden Ohren für die binaurale Echt-  
20 zeiterzeugung von Schallsignalen entsprechend der weiter-  
gegebenen oder verarbeiteten Signale vorgesehen sind.
2. Vorrichtung nach Anspruch 1,  
d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t , d a s s  
25 die Signalverarbeitungsmittel (14) Einrichtungen zum Ver-  
ringern oder Erhöhen des durch die Schallwandler (16, 18)  
abgestrahlten Geräuschpegels gegenüber dem durch die bei-  
den Mikrofone (10, 12) erfassten Geräuschpegel aufweisen.
3. Vorrichtung nach Anspruch 1 oder 2,  
30 d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t , d a s s  
die Signalverarbeitungsmittel (14) Filtereinrichtungen

zum Ausblenden von Frequenzbereichen des erfassten Geräuschs aufweisen, wobei über die Zeit gesehen feste oder variable Frequenzbereiche ausblendbar sind.

- 5 4. Vorrichtung nach Anspruch 3,  
dadurch gekennzeichnet, dass  
die Signalverarbeitungsmittel (14) Steuereinrichtungen  
zum Steuern der Filtereinrichtungen in Abhängigkeit von  
Betriebsparametern eines weiteren Systems (22), insbeson-  
10 dere eines untersuchten Objekts oder Kraftfahrzeugs, auf-  
weisen.
- 15 5. Vorrichtung nach Anspruch 4,  
dadurch gekennzeichnet, dass  
die Steuereinrichtungen Mittel zum Darstellen, vorzugs-  
weise Formen der künstlichen Intelligenz wie neuronaler  
Netze und/oder Fuzzylogik aufweisen.
- 20 6. Vorrichtung nach einem der vorstehenden Ansprüche,  
dadurch gekennzeichnet, dass  
Datenbankeinrichtungen (24), insbesondere zum Abspeichern  
von Geräuschemustern, vorgesehen sind.
- 25 7. Vorrichtung nach einem der vorstehenden Ansprüche,  
dadurch gekennzeichnet, dass  
die Signalverarbeitungsmittel (14) Synthetisiereinrich-  
tungen zum Erzeugen von Geräuschemustern aus den erfassten  
Geräuschen aufweisen.
- 30 8. Vorrichtung nach Anspruch 6 und 7,  
dadurch gekennzeichnet, dass  
die Signalverarbeitungsmittel (14) Mischeinrichtungen zum  
Zumischen von erzeugten Geräuschemustern und/oder abge-  
speicherten Geräuschemustern zu den weiterverarbeiteten o-  
35 der weitergegebenen Signalen aufweisen.

9. Vorrichtung nach Anspruch 8,  
dadurch gekennzeichnet, dass  
die Signalverarbeitungsmittel (14) Steuereinrichtungen  
zum Steuern der Mischeinrichtungen in Abhängigkeit von  
Betriebsparametern eines weiteren Systems (22), insbeson-  
dere eines untersuchten Objekts oder Kraftfahrzeugs, auf-  
weisen.
10. Vorrichtung nach Anspruch 9,  
dadurch gekennzeichnet, dass  
die Steuereinrichtungen Mittel zum Darstellen, vorzugs-  
weise Formen der künstlichen Intelligenz wie neuronaler  
Netze und/oder Fuzzylogik aufweisen.
11. Vorrichtung nach einem der vorstehenden Ansprüche,  
dadurch gekennzeichnet, dass  
wenigstens eine Kommunikationsschnittstelle (26) vorgese-  
hen ist.
12. Verfahren zum Erfassen und Wiedergeben von Geräuschen,  
insbesondere zur akustischen Komponentenanalyse bei  
Kraftfahrzeugen,  
dadurch gekennzeichnet, dass  
folgende Schritte vorgesehen sind: Binaurales Erfassen  
von Geräuschen im Bereich der beiden Ohren eines Benut-  
zers und Umsetzen in elektrische Signale unter Abschir-  
mung der beiden Ohren von den Geräuschen, Verarbeiten o-  
der Weitergeben der erzeugten elektrischen Signale in  
Echtzeit und binaurales Erzeugen von Schallsignalen im  
Bereich der beiden Ohren in Echtzeit entsprechend der  
weitergegebenen oder verarbeiteten Signale.
13. Verfahren nach Anspruch 12,  
dadurch gekennzeichnet, dass  
bei der Echtzeitsignalverarbeitung eine Filterung zum  
Ausblenden zeitlich konstanter und/oder veränderlicher  
Frequenzbereiche vorgesehen ist.

14. Verfahren nach Anspruch 13,  
dadurch gekennzeichnet, dass  
die Filterung in Abhängigkeit von Betriebsparametern ei-  
nes weiteren Systems (22), insbesondere eines untersuch-  
ten Objekts oder Kraftfahrzeugs, erfolgt.
15. Verfahren nach Anspruch 13 oder 14,  
dadurch gekennzeichnet, dass  
die Filterung unter Einsatz von künstlicher Intelligenz,  
insbesondere von neuronalen Netzen und/oder Fuzzylogik  
erfolgt.
16. Verfahren nach einem der vorstehenden Ansprüche,  
dadurch gekennzeichnet, dass  
eine Synthetisierung von Geräuschmustern aus den erfass-  
ten Geräuschen vorgesehen ist.
17. Verfahren nach Anspruch 16,  
dadurch gekennzeichnet, dass  
das Mischen von erfassten, synthetisierten und/oder abge-  
speicherten Geräuschmustern vorgesehen ist.
18. Verfahren nach Anspruch 17,  
dadurch gekennzeichnet, dass  
das Mischen in Abhängigkeit von Betriebsparametern eines  
weiteren Systems (22), insbesondere eines untersuchten  
Objekts oder Kraftfahrzeugs, erfolgt.
19. Verfahren nach Anspruch 18,  
dadurch gekennzeichnet, dass  
das Mischen unter Einsatz von künstlicher Intelligenz,  
insbesondere von neuronalen Netzen und/oder Fuzzylogik  
erfolgt.
20. Verfahren nach einem der vorstehenden Ansprüche,  
dadurch gekennzeichnet, dass

ein Datenaustausch und/oder eine Kommunikation mit weiteren Systemen erfolgt.

- 5 21. Kopfhörer, insbesondere zur Verwendung bei der Vorrichtung und bei dem Verfahren nach einem der vorstehenden Ansprüche, mit zwei Abschirmmuscheln (30, 32) für menschliche Ohren und jeweils wenigstens einem Schallwandler (16, 18) in jeder Abschirmmuschel 30, 32),  
10 d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t , d a s s an einer dem Ohr abgewandten Aussenseite jeder Abschirmmuschel (30, 32) wenigstens ein Mikrofon (10, 12) angeordnet ist.
- 15 22. Kopfhörer nach Anspruch 21,  
d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t , d a s s die Dämpfung des störenden Außengeräusches durch die Abschirmmuscheln im niederfrequenten Bereich durch Methoden der destruktiven Interferenz unterstützt wird.
- 20 23. Kopfhörer nach Anspruch 21 oder 22,  
d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t , d a s s an der dem Ohr abgewandten Aussenseite jeder Abschirmmuschel (30, 32) eine Nachbildung (36, 38) eines menschlichen Ohres angeordnet ist, in deren Bereich das Mikrofon  
25 (10, 12) angeordnet ist.

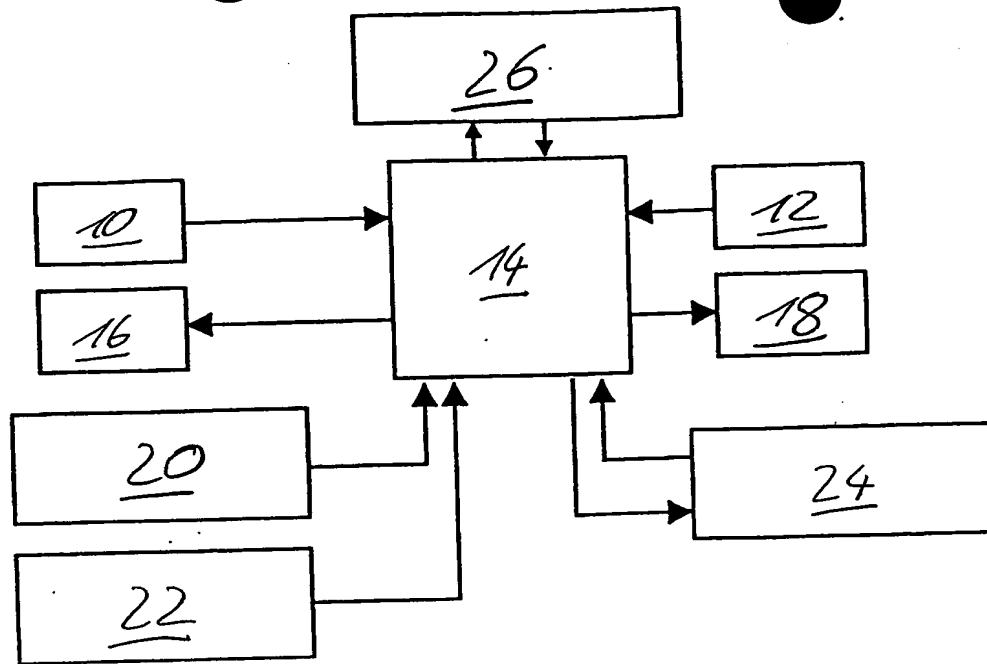


Fig. 1

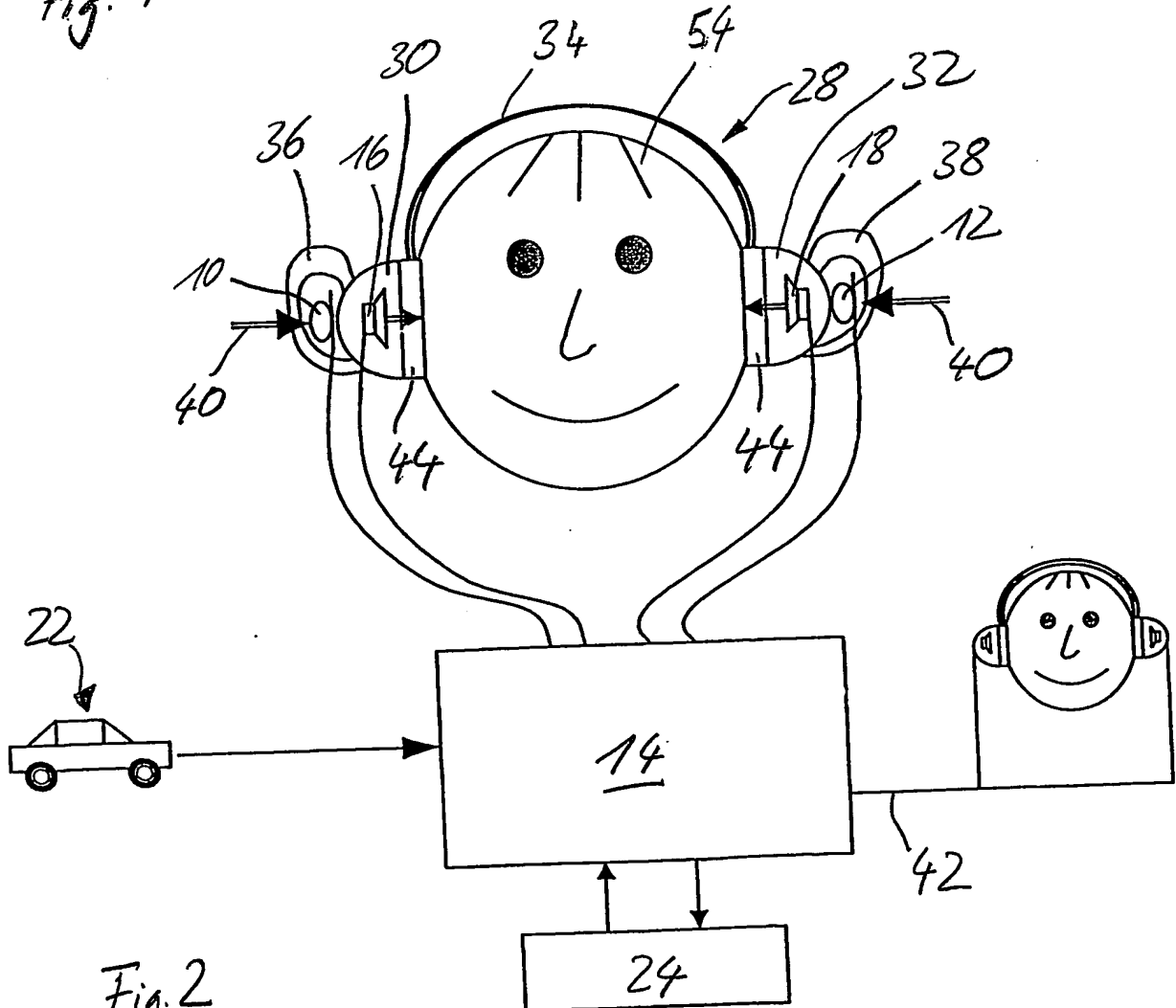


Fig. 2



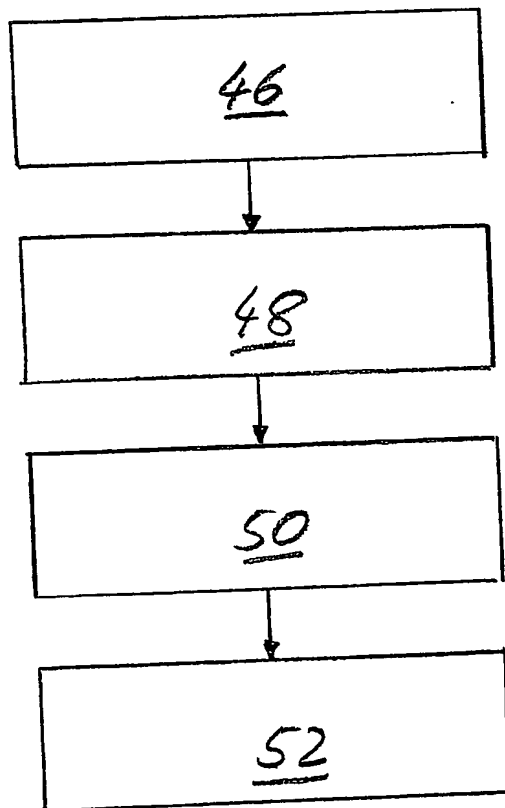


Fig. 3

DaimlerChrysler AG

Frau Schneider IPM/E MW/fk  
11.12.2002Zusammenfassung

- 5 1. Vorrichtung, Verfahren und Kopfhörer zum Erfassen und  
Wiedergeben von Geräuschen, insbesondere zur akustischen  
Komponentenanalyse bei Kraftfahrzeugen.
- 10 2.1. Die Erfindung betrifft eine Vorrichtung zum Erfassen und  
Wiedergeben von Geräuschen, insbesondere zur akustischen  
Komponentenanalyse bei Kraftfahrzeugen.
- 15 2.2. Erfindungsgemäß sind wenigstens zwei Mikrofone zur An-  
ordnung im Bereich der beiden Ohren eines Benutzers für  
die binaurale Erfassung von Geräuschen und für die Um-  
setzung in elektrische Signale, zwei Geräuschschutzein-  
richtungen zur Anordnung im Bereich der beiden Ohren für  
die Abschirmung der beiden Ohren von den erfassten Ge-  
20 räuschen, Signalverarbeitungsmittel zur Echtzeitverar-  
beitung oder Echtzeitweitergabe der erzeugten elektri-  
schen Signale und zwei Schallwandler zur Anordnung im  
Bereich der beiden Ohren für die binaurale Echtzeiter-  
zeugung von Schallsignalen entsprechend der weitergege-  
benen oder verarbeitenden Signale vorgesehen.
- 25 2.3. Verwendung z.B. zur Akustikentwicklung bei Kraftfahrzeu-  
gen.

Fig. 2

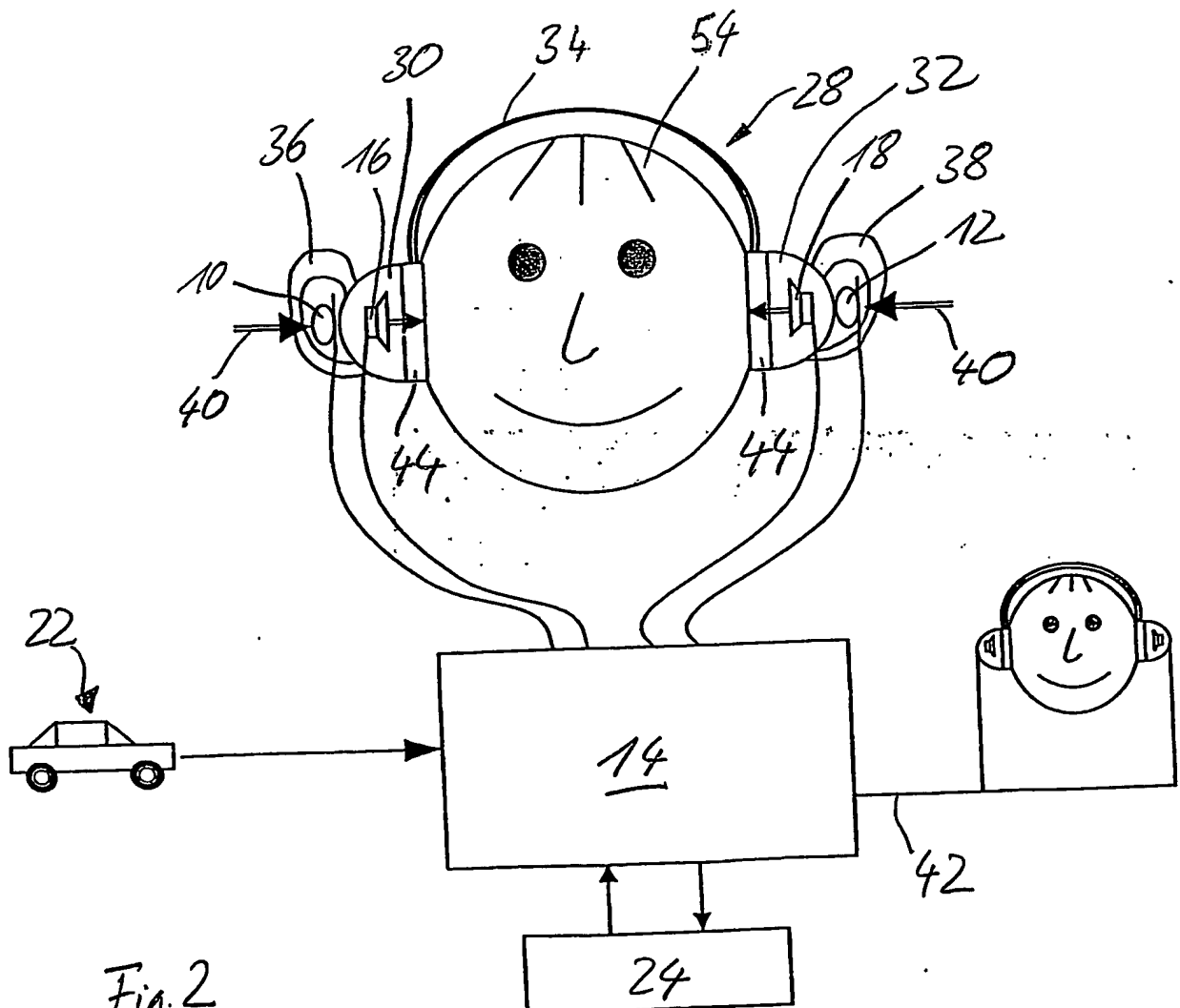


Fig. 2

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning  
Operations and is not part of the Official Record**

**BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant:

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ BLACK BORDERS
- ☒ IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- ☐ FADED TEXT OR DRAWING
- ☒ BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING
- ☐ SKEWED/SLANTED IMAGES
- ☐ COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS
- ☐ GRAY SCALE DOCUMENTS
- ☒ LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT
- ☐ REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY
- ☐ OTHER: \_\_\_\_\_

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.**